Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 21- 39

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص.۳۹-۲۱

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir

Full Research Paper

Effect of *Aloe vera* gel edible coating on bioactive compounds of cherry tomato during storage at different temperatures

Samaneh Monajem[1], Ali Ganjloo[2*], Mandana Bimakr[2]

Received: 2020.10.05
Accepted: 2020.10.31

How to cite this article:
Monajem, S., Ganjloo, A., Bimakr, M. (2022). Effect of *Aloe vera* gel edible coating on bioactive compounds of cherry tomato during storage at different temperatures. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. *18*(1), 21-39.

Abstract

Introduction: Tomatoes are versatile climacteric fruit consumed as raw or processed form. Tomatoes are rich in essential amino acids, monounsaturated fatty acids, minerals and bioactive compounds such as tocopherols, lycopene, ascorbic acid and flavonoids. Unfortunately, climacteric fruits have relatively shorter postharvest life due to ethylene production and high rates of respiration and transpiration. Controlling the atmospheric gas composition, temperature and humidity of the storage room could extend the postharvest shelf life of tomatoes. Alternatively, the postharvest shelf life of tomatoes could be extended through using of the edible coatings. The edible coating consists of a thin layer of the edible material such as proteins, polysaccharides and lipids that can act as a water vapor, gas and solute barrier through creating a semi-permeable membrane around the fruit. The edible coating could prolong the postharvest shelf life and maintain quality of fruits by minimizing respiration rate, water loss and oxidation process. Furthermore, the increasing human demand to use natural agents has also been encouraged the researchers towards the exploitation of effective natural edible coatings from renewable resources. Polysaccharides-based edible coatings have been used to effectively prolong the postharvest shelf life of some climacteric fruits. *Aloe vera* gel is a polysaccharide matrix rich in physiologically active substances that successfully applied as edible coating to effectively maintain quality and extend the postharvest life of some climacteric fruits. According to the literature review, there is no evidence on the use of fresh *A. vera* gel as edible coating in cherry tomatoes. Therefore, the main objective of the current research was to compare the effects of using different concentrations of *A. vera* gel as edible coating and storage temperature on some bioactive compounds of cherry tomato such as ascorbic acid, lycopene, and total phenolic content as well as free radical scavenging activity during a storage period of 24 days.

Materials and Methods: Cherry tomatoes were obtained from a local market in Zanjan, Iran. Cherry tomatoes were selected based on uniform size, without any physical damage or infections. *Aloe vera* leaves were obtained from a local market in Zanjan, Iran. Cherry tomatoes were coated with different concentrations of *A. vera* gel (0, 25, 50, 75 and 100% *v/v*) and stored at different temperatures (5, 12, and 25ºC) and 85% RH for 24 days. The ascorbic acid, total phenolic and lycopene contents, as well as antiradical activity of the all-treated samples, were evaluated during the storage. All experiments and analysis were performed in triplicate.

Results and Discussion: Statistical analysis showed that *A. vera* gel concentration, temperature and storage time had a significant effect on the changes in bioactive compounds ($p<0.05$), although this difference between 75% and 100% *A. vera* gel concentration was not significant ($p<0.05$). Based on the results, the amount of ascorbic acid decreased significantly with increasing temperature and storage time, while the application of coating could preserve the ascorbic acid content. On the contrary, lycopene was accumulated during the storage period. During the storage period, the total phenolic content and free radical scavenging activity of cherry tomatoes increased with increasing temperature. Unlike the temperature of 5ºC, which shows a continuous increase, the amount of total phenolic content and free radical scavenging activity of cherry tomatoes began to decrease from the 12th and 8th day of storage period with the increasing

1 and 2. MSc Student and Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
(*Corresponding Author Email: aganjloo@znu.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.V18I1.88987

of temperature from 12 to 25 ºC. However, with increasing concentration of *A. vera* gel, the total phenolic content and free radical scavenging activity of cherry tomatoes increased.

Conclusion: Based on the findings of the current study, the 75% *v/v A. vera* gel coating could be a promising natural coating agent for preservation of bioactive compounds of cherry tomatoes during the postharvest life especially at storage temperature of 5 ºC.

Keywords: Antiradical activity; Total phenolic compounds; Ascorbic acid; Cherry tomato; *Aloe vera*; Lycopene.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 1, Apr. May. 2022, p. 21- 39

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۴۰۱ ص.۳۹-۲۱

مقاله علمی-پژوهشی

تاثیر پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا بر ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی گیلاسی حین نگهداری در دماهای مختلف

سمانه منجم[۱]- علی گنجلو*[۲]- ماندانا بی مکر[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

چکیده

در این پژوهش با توجه به لزوم حفظ ویژگی‌های کیفی محصولات کشاورزی در مرحله پس از برداشت و افزایش زمان ماندگاری آنها تاثیر پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد حجمی/ حجمی) و دمای نگهداری (۵، ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس) بر تغییرات برخی از ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی حین دوره نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا به‌روش غوطه‌وری پوشش‌دار شدند و پس از بسته‌بندی به مدت ۲۴ روز در دماهای مختلف نگهداری شدند. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد غلظت ژل آلوئه‌ورا، دما و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر روند تغییرات ترکیبات زیست‌فعال داشتند ($p<۰/۰۵$) هرچند این تفاوت بین سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد غلظت ژل آلوئه‌ورا معنی‌داری نبود ($p>۰/۰۵$). بر اساس نتایج به‌دست آمده میزان آسکوربیک اسید با افزایش دما و زمان نگهداری کاهش یافت در حالی که اعمال پوشش سبب حفظ آسکوربیک اسید حداکثر به میزان ۱۲/۶۵ درصد گردید. روند تغییرات لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بر خلاف روند تغییرات آسکوربیک اسید بود. حین دوره نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس محتوای ترکیبات فنولی کل و فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی شاهد به ترتیب حداکثر به میزان ۱۲/۳۵ و ۲۱/۶۰ درصد افزایش یافت. اما بر خلاف دمای ۵ درجه سلسیوس که این افزایش به‌طور پیوسته بود با افزایش دما به ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس مقدار ترکیبات فنولی کل به‌ترتیب از روز ۱۲ و ۸ دوره نگهداری روندی کاهشی را آغاز نمود. این در حالی است که با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا محتوای ترکیبات فنولی کل و فعالیت ضدرادیکالی به‌ترتیب حداکثر به میزان ۱۲/۲۴ و ۲۴/۳۰ درصد افزایش یافت. بر اساس یافته‌های این پژوهش برای حفظ ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی گیلاسی در مرحله پس از برداشت می‌توان از دمای ۵ درجه سلسیوس و ژل آلوئه‌ورا با غلظت ۷۵ درصد حجمی/ حجمی به‌عنوان یک پوشش خوراکی طبیعی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: فعالیت ضدرادیکالی، ترکیبات فنولی کل، آسکوربیک اسید، گوجه‌فرنگی گیلاسی، آلوئه‌ورا، لیکوپن.

مقدمه

آزاد شدن رادیکال‌های آزاد در بدن انسان به علت بروز تنش‌های اکسایشی سبب بروز بیماری‌های قلبی- عروقی، روماتیسم مفصلی، بسیاری از سرطان‌ها، بیماری‌های خود ایمنی و پیری می‌شود. سامانه دفاعی بدن انسان برای مقابله با اثر رادیکال‌های آزاد شامل آنزیم‌های مختلف و ترکیبات ضداکسایش با اوزان مولکولی پایین و بالا است که از سلول‌ها در برابر تنش‌های اکسایشی از طریق جلوگیری از آغاز یا ادامه یافتن واکنش‌های زنجیره اکسایش محافظت می‌نماید (Kaur & Kapoor, 2001).

ترکیبات زیست‌فعال که غالبا در مقادیر کم در میوه‌ها، سبزیجات و غلات یافت می‌شوند به ترکیباتی اتلاق می‌شود که دارای فعالیت بیولوژیکی نظیر خواص ضداکسایشی، ضدسرطانی، ضدمیکروبی، ضدفشار خون، ضدالتهابی، ضددیابت و... بوده و خواص سلامت‌بخشی نیز دارند. از این ترکیبات می‌توان به کاروتنوئیدها، ترکیبات فنولی، آلکالوئیدها و ترکیبات حاوی نیتروژن و سولفور اشاره نمود (Mallhi *et al.*, 2020). لذا مواد غذایی با دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال یکی از منابع مهم تامین‌کننده ترکیبات ضداکسایشی برای بدن انسان هستند. معمولا ویژگی ضداکسایشی ترکیبات زیست‌فعال از طریق روبش اکسیژن یگانه، کاهش پراکسیداسیون لیپید و کاهش تشکیل رادیکال هیدروکسیل بروز می‌نماید (Shi *et al.*, 2002).

گوجه‌فرنگی از جمله سبزیجاتی است که در سراسر جهان به‌طور گسترده کشت و مصرف می‌شود. براساس آمار ارائه شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[۳] میزان تولید جهانی انواع گوجه‌فرنگی

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی و دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: aganjloo@znu.ac.ir)

DOI: 10.22067/IFSTRJ.V18I1.88987

3 Food and Agriculture Organization of the United Nations

معادل ۱۸۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۷ بوده است (FAOSTAT, 2017). گوجه‌فرنگی محصولی غنی از ترکیبات زیست‌فعال نظیر ویتامین‌ها، ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و کاروتنوئیدها عمدتا به شکل لیکوپن است درحالی‌که میزان چربی و کالری پایینی دارد (۲۰ کالری انرژی به ازاء ۱۰۰ گرم گوجه‌فرنگی خام) (Esmaili, 2011). در میان واریته‌های مختلف این محصول، مصرف گوجه‌فرنگی گیلاسی در سالیان اخیر به دلیل محتوای قندی و ترکیبات زیست فعال و سلامتی بخش بیشتر، ویژگی‌های ارگانولپتیکی مطلوب‌تر و همچنین سادگی آماده‌سازی و استفاده از آنها به تنهایی یا در ترکیب سایر مواد غذایی نظیر سالادها به دلیل اندازه کوچک‌تر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (D'Aquino *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2018). هرچند که عوامل بسیاری نظیر ژنوتیپ، زمان برداشت، مقدار آب در دسترس، مواد معدنی موجود در خاک، درجه حرارت و میزان نور بر ویژگی‌های کیفی و محتوای ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی تاثیرگذار می‌باشند (Rosello *et al.*, 2011). لذا استفاده از چنین محصولی در رژیم غذایی به دلیل وجود مقادیر متنابهی از ترکیبات زیست فعال با اثرات سلامتی‌بخش از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (Fraser *et al.*, 2002). در این راستا گزارشاتی مبنی بر تاثیر مصرف گوجه‌فرنگی بر جلوگیری از بروز بیمارهای قلبی- عروقی و برخی از سرطان‌ها نظیر سرطان پروستات وجود دارد (Arab & Steck, 2000; Barber & Barber, 2002). متاسفانه گوجه‌فرنگی از جمله محصولاتی است که به دلیل تعرق، حمله پاتوژن‌ها، رسیدن سریع و پیری بسیار فسادپذیر است (Zapata *et al.*, 2008). کاهش ارزش کیفی و تغذیه‌ای در مرحله پس از برداشت و فساد پذیر بودن غالب محصولات کشاورزی می‌تواند سبب افزایش ضایعات کشاورزی گردد که این امر در نتیجه تهدیدی برای امنیت غذایی محسوب می‌گردد. لذا جهت غلبه بر چنین مشکلاتی باید عوامل موثر بر آنها در مسیر تولید تا مصرف کنترل گردد.

علاوه بر انتخاب صحیح دمای نگهداری استفاده از فناوری‌های پس از برداشت می‌تواند سهم مهمی در کاهش بروز ضایعات محصولات کشاورزی ایفا نماید. در سالیان اخیر پوشش‌های خوراکی[1] که عمدتا بر پایه پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و لیپیدها شکل می‌گیرند به‌عنوان یک فناوری دوستدار محیط زیست برای افزایش زمان ماندگاری میوه‌ها و حفظ ویژگی‌های پس از برداشت معرفی شده‌اند (Fagundes *et al.*, 2014). بر اساس منابع در دسترس تاکنون از پوشش‌هایی بر پایه موسیلاژ دانه ریحان (Shahiri *et al.*, 2013)، کیتوزان (Guerra *et al.*, 2015)، تری هالوز (Jafari *et al.*, 2018) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (Fagundes *et al.*, 2015) برای حفظ ویژگی‌های پس از برداشت گوجه‌فرنگی گیلاسی استفاده شده است.

1 Edible coatings

ژل آلوئه‌ورا با توانایی مطلوب جهت تشکیل فیلم‌های نازک، شفاف، مقاوم به روغن با نفوذپذیری کم نسبت به اکسیژن، فقدان بو و طعم نامطلوب و وجود ترکیبات ضداکسایشی و ضدمیکروبی گزینه مناسبی برای استفاده به‌عنوان پوشش خوراکی می‌باشد (Valverde *et al.*, 2005). بر اساس منابع موجود از ژل آلوئه‌ورا به‌طور موفقیت‌آمیزی برای حفظ ویژگی‌های پس از برداشت محصولاتی نظیر هلو (Pirhayati *et al.*, 2019)، Sapodilla (Khaliq *et al.*, 2019) و Litchi (Ali *et al.*, 2019) استفاده شده است. بر اساس نتایج بخش پیشین پژوهش حاضر استفاده از ژل آلوئه‌ورا با کاهش نرخ افزایش مواد جامد محلول کل، کاهش نرخ افت اسیدیته قابل تیتر و کاهش نرم شدگی بافت حین دوره نگهداری سبب به تاخیر افتادن فرایند رسیدگی و در نتیجه افزایش زمان ماندگاری گوجه‌فرنگی گیلاسی گردید (Ganjloo *et al.*, 2020).
با توجه به اهمیت مطالعه تغییرات ترکیبات زیست‌فعال محصولات کشاورزی در مرحله پس از برداشت پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاثیر غلظت‌های مختلف از ژل تازه آلوئه‌ورا به‌عنوان یک پوشش خوراکی طبیعی بر حفظ ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی گیلاسی از جمله آسکوربیک اسید، ترکیبات فنولی کل، لیکوپن و همچنین فعالیت ضدرادیکالی حین دوره نگهداری در دماهای مختلف انجام شد.

مواد و روش‌ها

گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی مورد استفاده در این پژوهش از بازار زنجان خریداری شد. پس از انتقال به آزمایشگاه گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی با اندازه تقریبا یکسان، بدون لک، فاقد هرگونه آسیب فیزیکی و فساد قارچی از سایر نمونه‌ها جدا شدند. از محلول هیپوکلریت سدیم به مدت پنج دقیقه جهت ضدعفونی استفاده شد. برگ‌های تازه گیاه آلوئه‌ورا از بازار محلی زنجان تهیه و پس از انتقال به آزمایشگاه با آب شست‌وشو و به مدت پانزده دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم غوطه‌ور و مجدداً آبکشی شدند. به‌منظور حذف ماده تلخ مزه (آلوئن) ژل با استفاده از یک چاقوی دستی قسمت انتهایی برگ‌ها برش و حداقل به مدت ۳۰ دقیقه در آب مقطر قرار داده شد. ژل تازه به‌دست آمده از قسمت میانی با استفاده از یک مخلوط‌کن خانگی (جنرال اینترنشنال،GL319، چین) یکنواخت شد و پس از عبور از صافی پارچه‌ای در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت پنج دقیقه پاستوریزه شد (Valverde *et al.*, 2005).

پوشش‌دار کردن گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی با ژل آلوئه‌ورا

محلول پوششی بر پایه ژل آلوئه‌ورا با غلظت‌های مختلف شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد (حجمی/ حجمی) با افزودن مقادیر مشخصی آب مقطر به ژل خالص آلوئه‌ورا تهیه شد. سپس تعداد مشخصی از

گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی به‌طور جداگانه در محلول‌های پوشش‌دهنده به مدت ۵ دقیقه غوطه‌رو شدند و هر دقیقه یکبار به‌منظور افزایش کارآیی پوشش‌دهی درون محلول چرخانده شدند. گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش‌دار شده به‌منظور جدا شدن محلول اضافی روی یک صفحه توری قرار گرفتند و پوشش سطحی در معرض جریان طبیعی هوا در دمای اتاق خشک شد (Ganjloo *et al.*, 2020). گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی تیمار شده با آب مقطر به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. نمونه‌های مربوط به هر تیمار (۱۰ نمونه) در ظروف یک‌بار مصرف پلاستیکی از جنس پلی‌اتیلن ترفتالات با ابعاد ۲۲۸×۱۷۳ ×۶۱ میلی‌متر بسته‌بندی و به‌طور جداگانه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس (دمای اتاق)، دمای ۱۲ درجه سلسیوس (دمای حین حمل و نقل) و دمای ۵ درجه سلسیوس (دمای انبار سرد) و رطوبت نسبی ۸۵ درصد به مدت ۲۴ روز نگه‌داری شدند. آزمون‌های اندازه‌گیری آسکوربیک اسید، محتوای ترکیبات فنولی کل، لیکوپن و فعالیت ضدرادیکالی پس از طی زمان‌های صفر (بلافاصله پس از پوشش‌دهی)، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ روز بر روی نمونه‌ها انجام شد. دما و رطوبت نسبی در طول انبارش به‌طور مداوم کنترل و تنظیم گردید.

اندازه‌گیری آسکوربیک اسید

برای اندازه‌گیری مقدار آسکوربیک اسید، ۵ گرم گوجه‌فرنگی گیلاسی با ۲۰ میلی‌لیتر متافسفریک اسید ۶ درصد یکنواخت شد. مخلوط حاصل صاف و با استفاده از معرف ۲، ۶ دی کلروفنول ایندوفنول تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. میزان آسکوربیک اسید با توجه به منحنی استاندارد آسکوربیک اسید محاسبه و نتایج بر حسب میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ گرم نمونه گزارش شد (Pregnolatto & Pregnolatto, 1985).

اندازه‌گیری لیکوپن

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار لیکوپن حدود ۵ گرم گوجه‌فرنگی گیلاسی با حلال استون: اتانول: هگزان (۱ :۱ :۲ حجمی/ حجمی) با رعایت نسبت ۱ به ۱۰ و BHT[1] (۵ درصد وزنی/وزنی) به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به آرامی مخلوط شد (Sadler *et al.*, 1990). ظرف استخراج به‌منظور حفاظت از لیکوپن در برابر نور توسط فویل آلومینیومی به‌طور کامل پوشانده شد. پس از پایان فرایند استخراج نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی صاف شدند و سپس به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه شد و به‌منظور تقسیم به دو فاز آلی (فاز بالایی حاوی لیکوپن) و آبی (فاز پایینی) مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه درون یک قیف جدا کننده به حال خود باقی ماند. میزان لیکوپن با قرائت میزان جذب فاز بالایی توسط دستگاه طیف‌سنج نور مرئی–فرابنفش (SPECORD 250-Analytik jena, Germany) در طول موج ۴۷۲ نانومتر اندازه‌گیری شد. تبدیل میزان جذب به محتوای لیکوپن با درنظر گرفتن ضریب خاموشی ویژه لیکوپن در هگزان (۳/۴۵۰) صورت پذیرفت (Gross, 1987). نتایج بر اساس منحنی استاندارد لیکوپن و بر حسب میلی‌گرم لیکوپن در ۱۰۰ گرم نمونه گزارش شد.

اندازه‌گیری نسبت a^*/b^*

نسبت a^*/b^* به‌عنوان یکی از شاخص‌های رسیدگی گوجه‌فرنگی بر اساس رنگ سطحی شناخته می‌شود (Arias *et al.*, 2000). به‌منظور اندازه‌گیری این نسبت شاخص‌های قرمزی– سبزی (a^*) و زردی– آبی (b^*) گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی طی دوره نگهداری با استفاده از یک دستگاه رنگ‌سنج قابل حمل (TES-135, Taiwan) اندازه‌گیری شد. قرائت هر یک از شاخص‌ها برای هر تیمار حداقل از سه نقطه انجام شد و نسبت a^*/b^* بر اساس رابطه ۱ زیر محاسبه گردید:

$$a^*/b^* \text{ ratio} = a^*/b^* \quad (۱)$$

اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولی کل

اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولی کل بر اساس روش احیاء معرف فولین–سیکالتیو[2] در محیط قلیایی انجام شد. بدین منظور عصاره حاوی ترکیبات فنولی از ۵ گرم گوجه‌فرنگی گیلاسی به کمک اتانول ۹۵ درصد با رعایت نسبت نمونه به حلال ۱ به ۱۰ و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی استخراج شد. عصاره به‌دست آمده صاف شد و سپس به ۱ میلی‌لیتر از آن ۱ میلی‌لیتر شناساگر فولین–سیکالتیو (رقیق شده با آب مقطر با نسبت ۱ به ۱۰) اضافه شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه به آن ۱۰ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷ درصد اضافه شد. میزان جذب با دستگاه طیف‌سنج مرئی– ماورابنفش (SPECORD 250-Analytik jena, Germany) در طول موج ۷۵۰ نانومتر پس از ۹۰ دقیقه نگهداری در تاریکی قرائت شد (Kim *et al.*, 2003). برای رسم منحنی کالیبراسیون از غلظت‌های مختلف گالیک اسید به‌عنوان ترکیب فنولی استاندارد استفاده شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم معادل گالیک اسید به ازاء ۱۰۰ گرم وزن نمونه محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان مهار رادیکال های آزاد به روش ۱، ۱– دی فنیل ۲– پیکریل هیدرازیل (DPPH)

ارزیابی فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH توسط عصاره گوجه‌فرنگی گیلاسی طبق روش Brand-Williams و همکاران (۱۹۹۵) انجام شد. بدین منظور ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره گوجه‌فرنگی گیلاسی با ۲/۹ میلی‌لیتر DPPH (۰/۱ میلی‌مولار در متانول) مخلوط و

1 Butylated hydroxytoluene

2 Folin-ciocalteu

به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و مکان تاریک نگهداری شد. میزان جذب نمونه‌ها در مقابل نمونه شاهد حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر متانول و ۲/۹ میلی‌لیتر محلول متانولی DPPH در طول موج ۵۱۵ نانومتر توسط دستگاه طیف‌سنج مرئی–ماورابنفش (SPECORD 250-Analytik jena, Germany) قرائت شد و بر اساس درصد بازدارندگی رادیکال‌های DPPH از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$DPPH^{\cdot}{}_{SC}\ (\%) = \left[\frac{(A_B - A_S)}{A_B}\right] \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه A_S و A_B به‌ترتیب نشان‌دهنده مقادیر جذب نمونه و شاهد است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

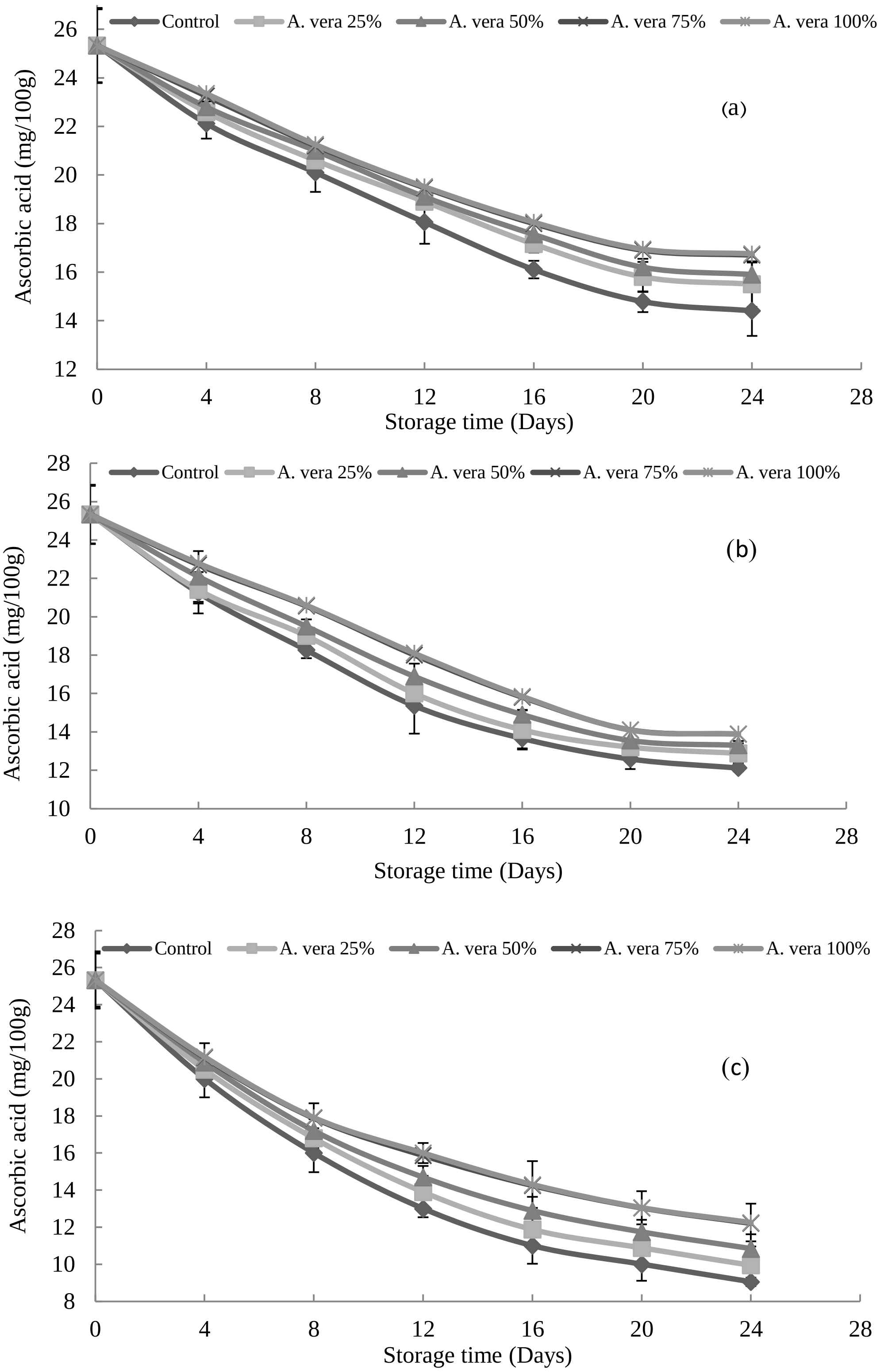
پژوهش حاضر در قالب طرح کاملا تصادفی با در نظر گرفتن سه متغیر مستقل شامل غلظت ژل آلوئه‌ورا (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد حجمی/ حجمی)، دمای نگهداری (۵، ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس) و زمان نگهداری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ روز) انجام شد. تاثیر هر یک از متغیرهای مستقل از طریق تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام شد. آزمون‌ها حداقل در سه تکرار انجام و نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار گزارش شدند.

نتایج و بحث

آسکوربیک اسید

آسکوربیک اسید به همراه ترکیبات فنولی و کاروتنوئیدها از جمله ترکیبات ضداکسایش اصلی در گوجه‌فرنگی هستند (Leonardi *et al.*, 2000). میزان آسکوربیک اسید در میوه‌ها و سبزی‌ها تحت تاثیر شرایط رشد، گونه، مرحله رسیدگی و زمان انبارش قرار دارد (Khaliq *et al.*, 2019). آسکوربیک اسید به دلیل شرایط اسیدی حاکم بر بافت گوجه‌فرنگی نسبتا پایدار است (Davidek *et al.*, 1990). اما کاهش چشمگیر میزان آسکوربیک اسید حین مرحله پس از برداشت، آماده‌سازی و یا فرآیند پختن به دلیل اکسیداسیون و نشت آن در آب مورد استفاده برای پختن مشاهده شده است (Sahlin *et al.*, 2004). آسکوربیک اسید موجود در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها حین مرحله پس از برداشت عمدتا به دلیل وقوع فرایندهای اکسیداتیو که در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده نظیر آنزیم‌های اسکوربات اکسیداز یا پراکسیداز تسریع می‌شوند کاهش می‌یابد (Plaza *et al.*, 2006). از آنجایی‌که آسکوربیک اسید عمدتا از تاثیرات نامطلوب گونه‌های فعال اکسیژن حین مرحله رسیدگی جلوگیری می‌کند از آن می‌توان برای ارزیابی عمر انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده نمود.

روند تغییرات مقادیر آسکوربیک اسید گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش‌دار شده با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا حین دوره نگهداری در دماهای مختلف در شکل ۱ ارائه شده است. مقدار آسکوربیک اسید گوجه‌فرنگی گیلاسی در ابتدای دوره نگهداری معادل ۲۵/۳۳±۱/۵۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود که این مقدار به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) حین دوره نگهداری کاهش یافت. حداکثر میزان کاهش آسکوربیک اسید در پایان دوره نگهداری حدود ۶۴/۲۷ درصد و مربوط به نمونه بدون پوشش در پایان دوره نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بود که این مقدار معادل ۹/۰۵±۰/۲۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم می‌باشد. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل آماری استفاده از دمای پایین در مقایسه با دماهای بالاتر به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) باعث حفظ بهتر آسکوربیک اسید گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی شد. در این راستا مقدار آسکوربیک اسید نمونه بدون پوشش در پایان دوره نگهداری در دماهای ۵، ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۱۴/۴۰±۱/۰۳، ۱۲/۱۲±۰/۱۸ و ۹/۰۵±۰/۲۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم به‌دست آمد. دمای نگهداری یکی از عواملی است که می‌تواند روند کاهش آسکوربیک اسید میوه‌ها و سبزی‌ها را حین دوره نگهداری تسریع نماید. یافته‌های Vahdat و همکاران (۲۰۱۲) حاکی از آن است که استفاده از دمای پایین سبب حفظ بیشتر آسکوربیک اسید در توت‌فرنگی حین دوره نگهداری می‌گردد. سلول‌های گیاهی حاوی سیستم‌های طبیعی ضداکسایشی هستند تا مقادیر گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده را تنظیم نمایند. در میان ترکیبات متعدد ضداکسایشی موجود در سلول آسکوربیک اسید به سرعت با گونه‌های رادیکالی به‌منظور حفاظت از سلول در شرایط نامتعادل اکسیداسیون–احیا وارد واکنش می‌شود (Mittler, 2002). افت بیشتر مقدار آسکوربیک اسید در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دماهای بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس را می‌توان به این دلیل دانست. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری تاثیر غلظت پوشش ژل آلوئه‌ورا بر مقدار آسکوربیک اسید نیز معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود اعمال پوشش خوراکی ژل آلوئه‌ورا سبب کاهش سیر نزولی مقدار آسکوربیک اسید حین دوره نگهداری شد.



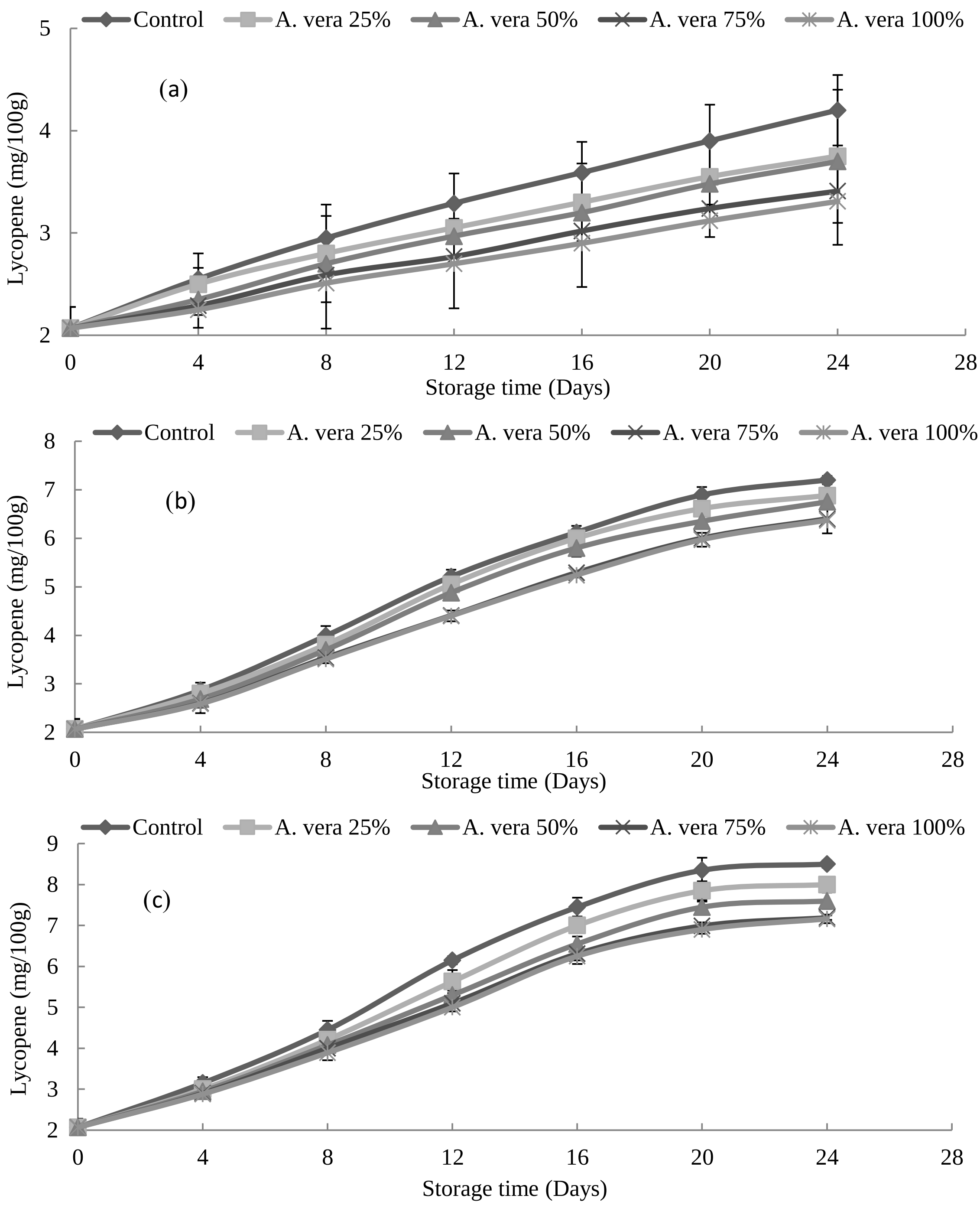
شکل ۱- محتوای آسکوربیک اسید گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای (الف) ۵ درجه سلسیوس، (ب) ۱۲ درجه سلسیوس و (ج) ۲۵ درجه سلسیوس.

Fig. 1. Ascorbic acid content of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at temperatures of (a) 5ºC, (b) 12ºC and (c) 25ºC.

به‌عنوان مثال محتوای آسکوربیک اسید گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش‌دار شده با غلظت ۷۵ درصد از ژل آلوئه‌ورا حدود ۱۵/۹۷ درصد بیش از نمونه بدون پوشش در پایان دوره نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس بود. این در حالی است که این مقدار در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به ۳۴/۹۲ درصد رسید. لازم به ذکر است که اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد از ژل آلوئه‌ورا مشاهده نگردید (p>۰/۰۵). کاهش میزان افت آسکوربیک اسید حین نگهداری توت‌فرنگی (Zafari, *et al.*, 2015)، برش‌های پرتقال (Radi *et al.*, 2017)، میوه Sapodilla (Khaliq *et al.*, 2019) و انبه (Zahedi *et al.*, 2019) به ترتیب با اعمال پوشش‌های ژل آلوئه‌ورا، ترکیب ژل آلوئه‌ورا و ژلاتین، ژل آلوئه‌ورا حاوی عصاره گیاه *Fagonia indica* و کیتوزان گزارش شده است. کاهش میزان نفوذپذیری به اکسیژن را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل ماندگاری آسکوربیک اسید در نمونه‌های پوشش‌دار شده دانست که در واقع ژل آلوئه‌ورا به مثابه سدی عمل نموده و سرعت نفوذ اکسیژن را کاهش می‌دهد (Gol *et al.*, 2013). به علاوه اعمال پوشش آلوئه‌ورا منجر به کاهش وقوع تغییرات ساختاری ناشی از پیری در سطح سلول می‌شود که می‌تواند در حفظ آسکوربیک اسید موثر باشد.

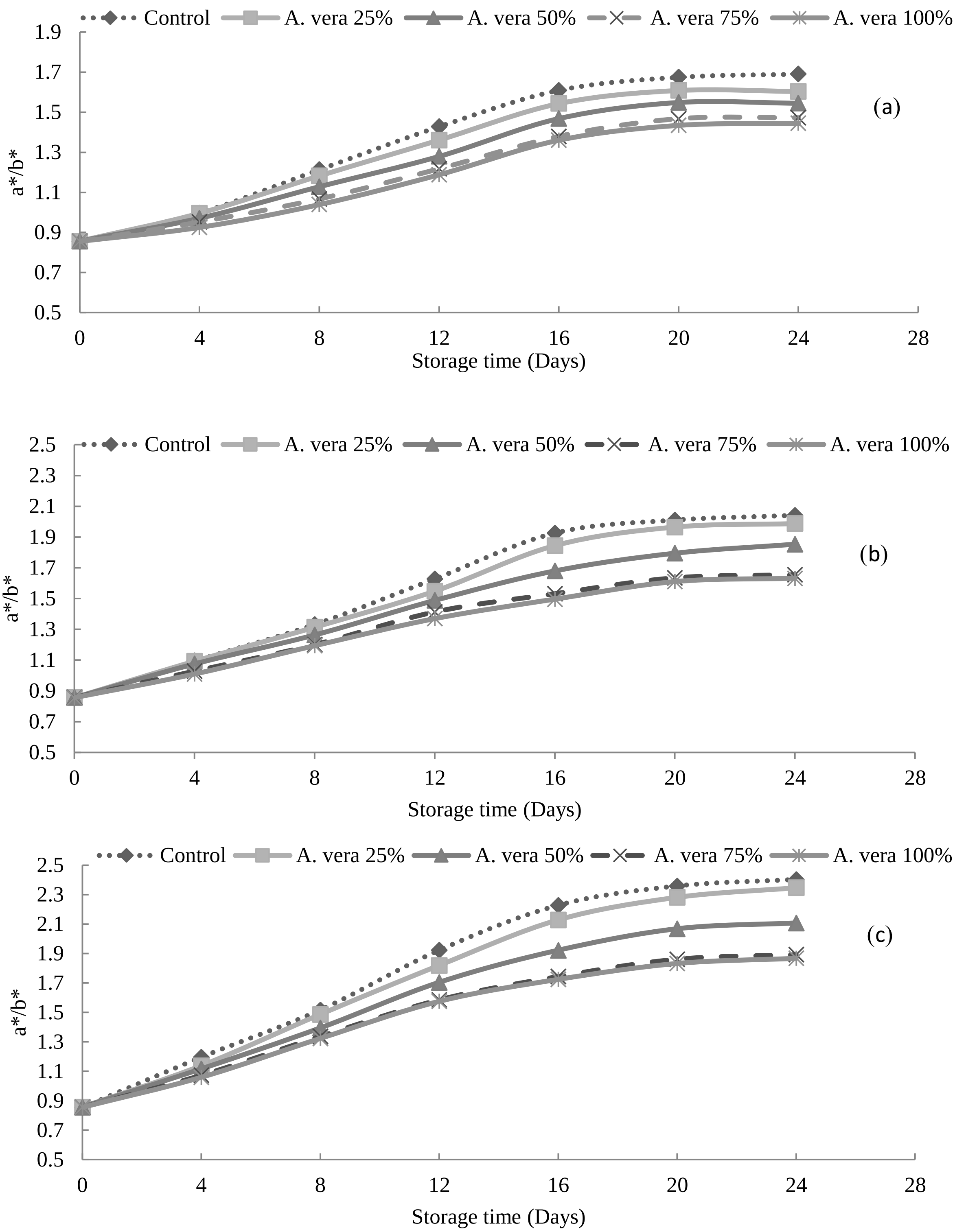
لیکوپن

لیکوپن یک ترکیب ایزوپرنوئیدی از دسته کاروتنوئیدها با فعالیت بیولوژیکی در بدن موجودات زنده و مسئول ایجاد رنگ قرمز در گوجه‌فرنگی است (Britton *et al.*,2004; Nguyen & Schwartz, 1999; Stahl & Sies, 1996). لیکوپن حدود ۶۰ الی ۷۴ درصد کاروتنوئیدهای گوجه‌فرنگی را شامل می‌شود و به‌طور کلی مقدار آن تحت تاثیر میزان رسیدگی، واریته، تیمارهای مختلف و شرایط انبارش قرار می‌گیرد (Javanmardi & Kubota, 2006; Martınez-Valverde *et al.*, 2002). مقدار لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی در ابتدای دوره نگهداری معادل ۰/۲۰±۲/۰۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود مقدار لیکوپن با گذشت زمان نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵). به‌طوری که مقدار لیکوپن موجود در نمونه‌های بدون پوشش در پایان دوره نگهداری در دماهای ۵، ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس به‌ترتیب معادل ۰/۳۴±۴/۲۰، ۰/۰۸±۷/۲۰ و ۰/۰۸±۸/۵۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم بود. Thompson و همکاران (۲۰۰۰) و Javanmardi و Kubota (۲۰۰۶) اذعان کردند که فرایند رسیدگی گوجه‌فرنگی با افزایش محتوای لیکوپن مرتبط است. Nour و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که حداکثر میزان لیکوپن در مراحل انتهایی رسیدگی گوجه‌فرنگی زمانی‌که رنگ گوجه‌فرنگی به‌صورت کاملا قرمز در می‌آید مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌گردد با افزایش دمای نگهداری مقدار لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی به‌طور چشمگیری افزایش یافت. افزایش مقدار لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی با افزایش دمای نگهداری حاکی از آن است که فرایند رسیدگی که با افزایش مقدار لیکوپن همراه است در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دماهای پایین تر با سرعت کمتری رخ داده است. در این راستا لئونی (۱۹۹۲) گزارش نمود که تولید لیکوپن وابسته به محدوده دمایی ۱۲ تا ۳۲ درجه سلسیوس است (Leoni, 1992). Giovanelli و همکاران (۱۹۹۹) و Javanmardi و Kubota (۲۰۰۶) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. بیشتر این‌که گوجه‌فرنگی‌های پوشش‌دار شده با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا به‌طور معنی‌داری (p<۰/۰۵) مقادیر لیکوپن کمتری نسبت به نمونه بدون پوشش داشتند هرچند این اختلاف بین غلظت‌های ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد ژل آلوئه‌ورا معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). ژل آلوئه‌ورا به‌عنوان یک پوشش خوراکی طبیعی از خود توانایی اصلاح اتمسفر داخلی (افزایش دی‌اکسید کربن و کاهش اکسیژن) و در نتیجه به تاخیر انداختن تولید اتیلن در میوه‌های فرازگرا نظیر هلو و آلو را نشان داده است (Guillen *et al.*, 2013). با توجه به کاهش سرعت در روند افزایشی تجمع لیکوپن در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش‌دار شده در مقایسه با نمونه بدون پوشش می‌توان دریافت که فرایند رسیدن گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک محصول کشاورزی فرازگرا در اثر اعمال پوشش ژل آلوئه‌ورا به تاخیر افتاده است. مولفه a^* به‌عنوان شاخص قرمزی بهترین گزینه برای اندازه‌گیری درجه رسیدگی گوجه‌فرنگی است در حالی‌که مولفه b^* از بین رفتن رنگ زرد را نشان می‌دهد (Artés *et al.*, 1998). به‌طور کلی نسبت بالای صفر نشان‌دهنده شروع تغییر رنگ از سبز به قرمز است و نسبت بالای یک نشان‌دهنده محصول کاملا رسیده است (Batu, 2004). برای اطلاعات بیشتر طبقه‌بندی گوجه‌فرنگی بر اساس رنگ و مرحله رسیدگی بر اساس نسبت a^*/b^* در جدول ۱ آورده شده است (Batu, 2004). تغییرات نسبت a^*/b^* گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش‌دار شده با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا حین نگهداری در دماهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری غلظت ژل آلوئه‌ورا، زمان و دمای نگهداری تاثیر معنی‌داری (p<۰/۰۵) بر این نسبت داشتند. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با گذشت زمان و افزایش دمای نگهداری مقدار این نسبت افزایش یافت. این در حالی است که با اعمال ژل آلوئه‌ورا به‌عنوان پوشش در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش مقدار نسبت a^*/b^* کاهش یافت. مقادیر بالاتر نسبت a^*/b^* نمونه‌های بدون پوشش نگهداری شده در دمای بالاتر نیز موید این مطلب است که با اعمال پوشش ژل آلوئه‌ورا و استفاده از دمای ۵ درجه سلسیوس می‌توان رسیدگی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی را بیشتر به تعویق انداخت که این امر تجمع کمتر لیکوپن را به همراه دارد. در راستای نتایج پژوهش حاضر Shahiri و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند نسبت a^*/b^* گوجه‌فرنگی پوشش‌دار شده با صمغ ریحان در مقایسه با نمونه بدون پوشش کاهش یافت.



شکل ۲- محتوای لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای (الف) ۵ درجه سلسیوس، (ب) ۱۲ درجه سلسیوس و (ج) ۲۵ درجه سلسیوس.

Fig. 2. Lycopene content of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at temperatures of (a) 5 ºC, (b) 12ºC and (c) 25ºC.



شکل ۳- تغییرات نسبت a^*/b^* گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای (الف) ۵ درجه سلسیوس، (ب) ۱۲ درجه سلسیوس و (ج) ۲۵ درجه سلسیوس.

Fig. 3. a^*/b^* changes of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at temperatures of (a) 5ºC, (b) 12ºC and (c) 25ºC.

جدول ۱- طبقه‌بندی رنگ و مراحل رسیدگی گوجه‌فرنگی بر اساس نسبت های a^*/b^*. منبع (Batu, 2004).

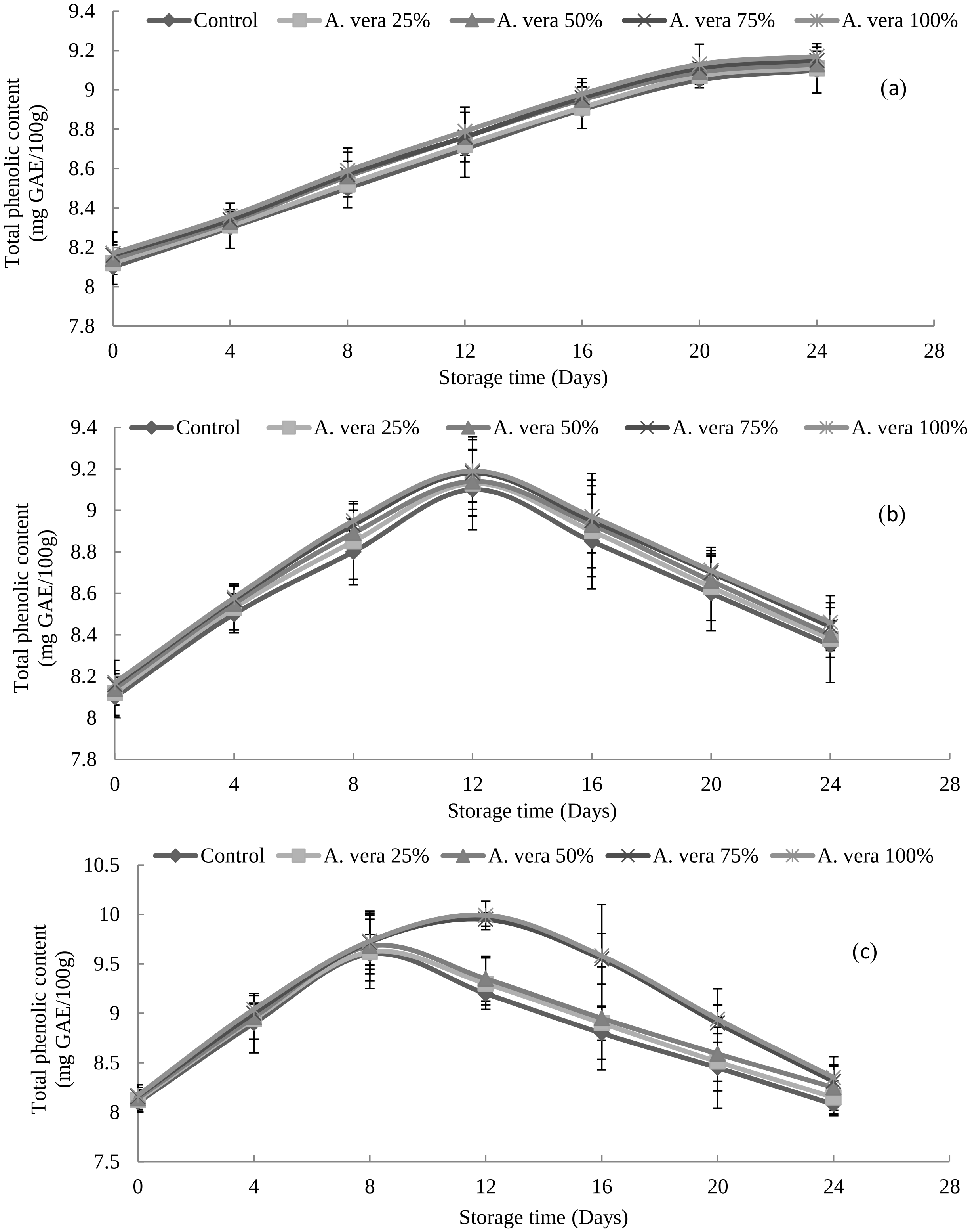
Table 1- Color classification and ripening stages of tomato according to a^*/b^* ratios

Stage مرحله	a^*/b^* ratio نسبت a^*/b^*
Green سبز	-0.59 to -0.47
Beaker	-0.47 to -0.27
Turning	-0.27 to 0.08
Pink صورتی	0.08 to 0.60
Light red قرمز روشن	0.60 to 0.95
Red قرمز	0.95 to 1.21

محتوای ترکیبات فنولی کل

ترکیبات فنولی نقش‌های متفاوتی در گیاهان و محصولات کشاورزی از جمله جلوگیری از آلودگی به پاتوژن‌ها و یا مقاومت در برابر پاتوژن‌ها دارند (Singh *et al*., 2010). محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی در ابتدای دوره نگهداری معادل ۸/۱۰±۰/۰۹ میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم نمونه بود که این مقدار پس از پوشش‌دهی با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا اندکی افزایش یافت. افزایش محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش‌دار شده در ابتدای دوره نگهداری می‌تواند ناشی از ترکیبات فنولی موجود در ژل آلوئه‌ورا باشد. Khaliq و همکاران (۲۰۱۹) اندکی افزایش در محتوای ترکیبات فنولی کل نمونه‌های پوشش دار شده با ژل آلوئه‌ورا را در مقایسه با نمونه شاهد گزارش کردند. نتایج تجزیه و تحلیل آماری حاکی از آن است که غلظت پوشش ژل آلوئه‌ورا، دما و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی گیلاسی داشت (p<۰/۰۵).

همان‌طور که در شکل ۴-a مشاهده می‌شود محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش‌دار شده با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دمای ۵ درجه سلسیوس حین دوره نگهداری افزایش یافت. به‌طوری‌که محتوای ترکیبات فنولی کل در پایان دوره نگهداری برای نمونه بدون پوشش معادل ۹/۱۰±۰/۱۰ میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم نمونه و برای نمونه‌های پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا در محدوده ۹/۱۷-۹/۱۱ میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر ۱۰۰ گرم نمونه به‌دست آمد. به عبارت دیگر گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دمای ۵ درجه سلسیوس تا پایان روز ۲۴ هنوز وارد مرحله رسیدگی پیری نشده‌اند. محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی حین فرایند رشد و رسیدگی متغیر بوده و به‌علاوه مقدار این ترکیبات تحت تاثیر گونه گوجه‌فرنگی و حتی واریته آن نیز قرار دارد (Egea *et al*., 2009). به‌طور دقیق‌تر محتوای ترکیبات فنولی کل حین مرحله رشد تقریبا ثابت است و به‌طور پیوسته حین مراحل اولیه رسیدگی افزایش می‌یابد اما در مراحل انتهایی دوره رسیدگی (مراحل قرمز و قرمز پر رنگ) این مقدار کاهش می‌یابد (Nour *et al*., 2014). نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر نیز موید این مطلب است. محتوای ترکیبات فنولی کل تمامی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دمای ۱۲ درجه سلسیوس تنها تا روز ۱۲ دوره نگهداری افزایش یافت و پس از آن میزان ترکیبات فنولی کل کاهش یافت (شکل ۴-b). در نتیجه گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دمای ۱۲ درجه سلسیوس در پایان روز ۱۲ وارد مرحله پیری شده‌اند این در حالی است در دمای ۲۵ درجه سلسیوس محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش‌دار شده با غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد ژل آلوئه‌ورا تا روز ۸ نگهداری و نمونه‌های پوشش‌دار شده با غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰ درصد تا روز ۱۲ نگهداری افزایش یافت و سپس مقدار ترکیبات فنولی کل کاهش یافت (شکل ۴- C). بررسی روند تغییرات محتوای ترکیبات فنولی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش دار شده با ژل آلوئه‌ورا حین دوره نگهداری در دماهای مختلف می توان اذعان نمود که با افزایش دما محتوای ترکیبات فنولی افزایش و از طرفی ورود به مرحله پیری زودتر اتفاق می‌افتد. Vahdat و همکاران (۲۰۱۲) و Odriozola-Serrano (۲۰۰۸) نیز دریافتند که در دماهای بالاتر میزان ترکیبات فنولی کل افزایش می‌یابد. Reyes و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که با کاهش سطح آسکوربیک در بافت میوه‌ها و سبزی‌ها میزان سنتز ترکیبات فنولی برای تنظیم سطح گونه‌های اکسیژن فعال و محافظت از سلول‌ها افزایش می‌یابد.



شکل ٤- محتوای ترکیبات فنولی کل گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای (الف) ۵ درجه سلسیوس، (ب) ۱۲ درجه سلسیوس و (ج) ۲۵ درجه سلسیوس.

Fig. 4. Total phenolic content of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at temperatures of (a) 5ºC, (b) 12ºC and (c) 25ºC.

به‌علاوه، افزایش تولید اتیلن در دماهای بالاتر به دلیل تاثیر مثبت بر فعالیت فنیل آلانین آمونیالیاز به‌عنوان عامل محرک برای تولید ترکیبات پلی‌فنولی از فنیل آلانین می‌تواند یکی دیگر از دلایل افزایش میزان ترکیبات پلی‌فنولی در دماهای بالاتر باشد (Laja *et al*., 2003). کاهش محتوای ترکیبات فنولی کل در پایان دوره نگهداری احتمالا می‌تواند به دلیل از بین رفتن ساختار سلولی به دلیل ورود به مرحله پیری باشد (Ghasemnezhad & Shiri, 2010). همان‌طور که در شکل ۴ (c–b) مشاهده می‌شود با اعمال پوشش ژل آلوئه‌ورا می‌توان از کاهش محتوای ترکیبات فنولی کل حین دوره نگهداری جلوگیری نماید. بیشتر این‌که با اعمال پوشش ژل آلوئه‌ورا خصوصا در غلظت‌های بالاتر از ۵۰ درصد می‌توان زمان ورود به مرحله پیری را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس افزایش داد. ذکر این نکته لازم است که تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد ژل آلوئه‌ورا در حفظ محتوای ترکیبات فنولی کل حین دوره نگهداری مشاهده نگردید ($p>0.05$). اعمال پوشش بر پایه ژل آلوئه‌ورا می‌تواند با اصلاح اتمسفر داخلی گوجه‌فرنگی گیلاسی و محدود کردن فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پلی فنل اکسیداز و پراکسیداز مانع از تجزیه ترکیبات فنولی حین دوره نگهداری گردد (Gorgani *et al*., 2018). نتایج مطالعات Serrano و همکاران (۲۰۰۶) و Khaliq و همکاران (۲۰۱۹) نیز مشابه نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. این محققان دریافتند که میزان کاهش محتوای ترکیبات فنولی کل میوه‌هایی نظیر انگور، میوه چیکو و بلوبری با اعمال پوشش‌های خوراکی از ژل آلوئه‌ورا و کیتوزان حین دوره نگهداری کاهش می‌یابد. کاهش مقدار ترکیبات فنولی در مراحل انتهایی رسیدن گوجه‌فرنگی می‌تواند به علت شرکت این ترکیبات در مکانیسم‌های دفاعی علیه گونه‌های اکسیژن فعال باشد که در اثر افزایش سرعت تنفس در اواخر دوره رسیدگی به مقدار بیشتری تولید می‌شوند (Raffo *et al*., 2002). لذا در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش دار شده به علت کاهش آسیب وارده به ساختار سلولی حین دوره نگهداری مقادیر بالاتری از ترکیبات فنولی مشاهده می‌گردد.

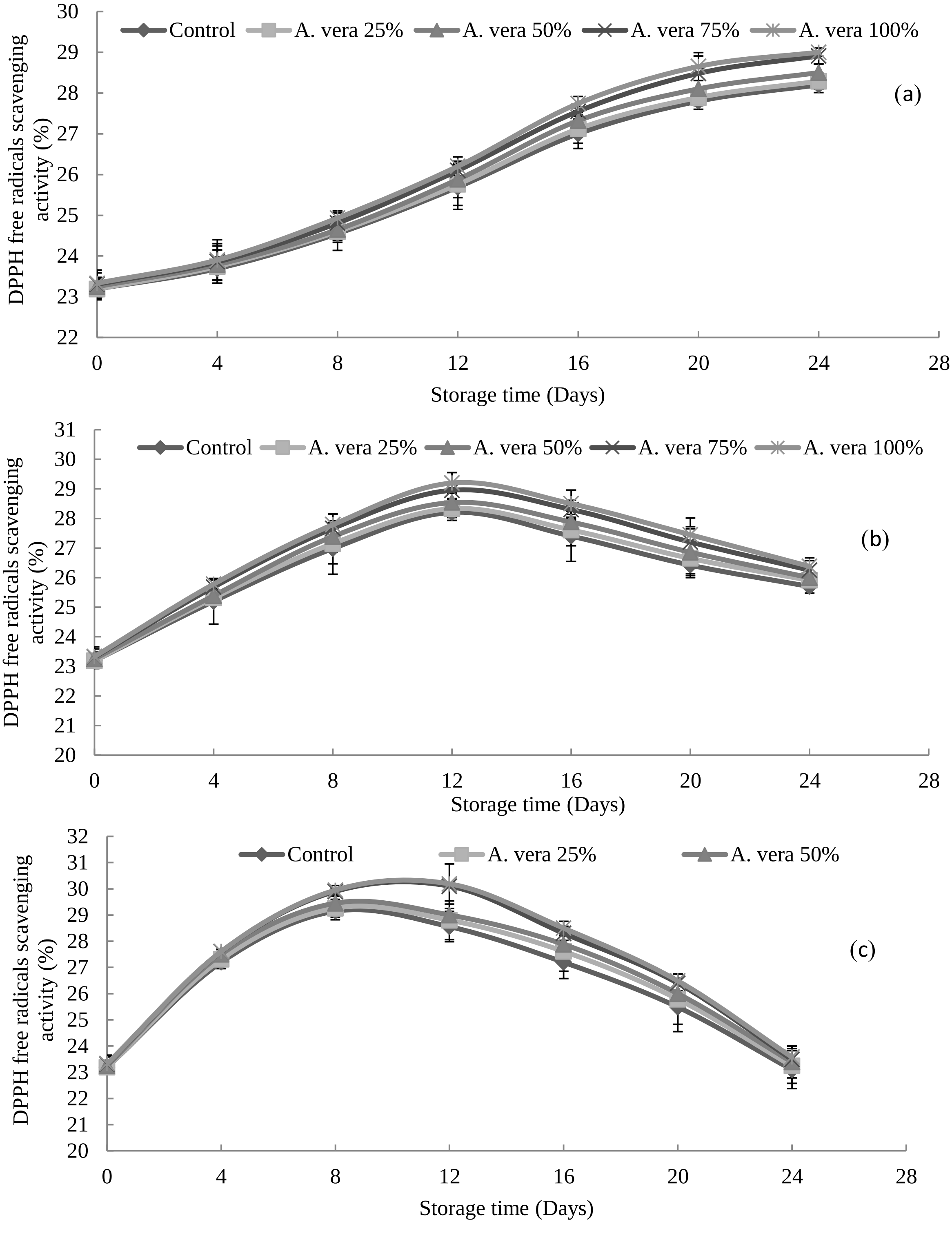
فعالیت ضدرادیکالی

فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی گیلاسی می‌تواند تحت تاثیر ترکیبات فنولی نظیر فلاونوئیدها، آسکوربیک اسید و کارتنوئیدها نظیر لیکوپن قرار گیرد (Giovanelli *et al*., 1999). هرچند که این فعالیت می‌تواند تحت تاثیر عواملی نظیر ژنتیک، شرایط محیطی (نور، دما، در دسترس بودن آب و مواد مغذی)، تکنیک مورد استفاده برای تولید و شرایط نگهداری پس از برداشت نیز قرار گیرد (Dumas *et al*., 2003).

در این پژوهش فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بدون پوشش و پوشش‌دار شده با غلظت‌های مختلف از ژل آلوئه‌ورا حین نگهداری در دماهای مختلف به‌روش فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد DPPH مورد ارزیابی قرار گرفت. روند تغییرات فعالیت ضدرادیکالی در شکل ۵ آورده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که غلظت ژل آلوئه‌ورا، دما و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر فعالیت ضد رادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی داشت ($p<0.05$).

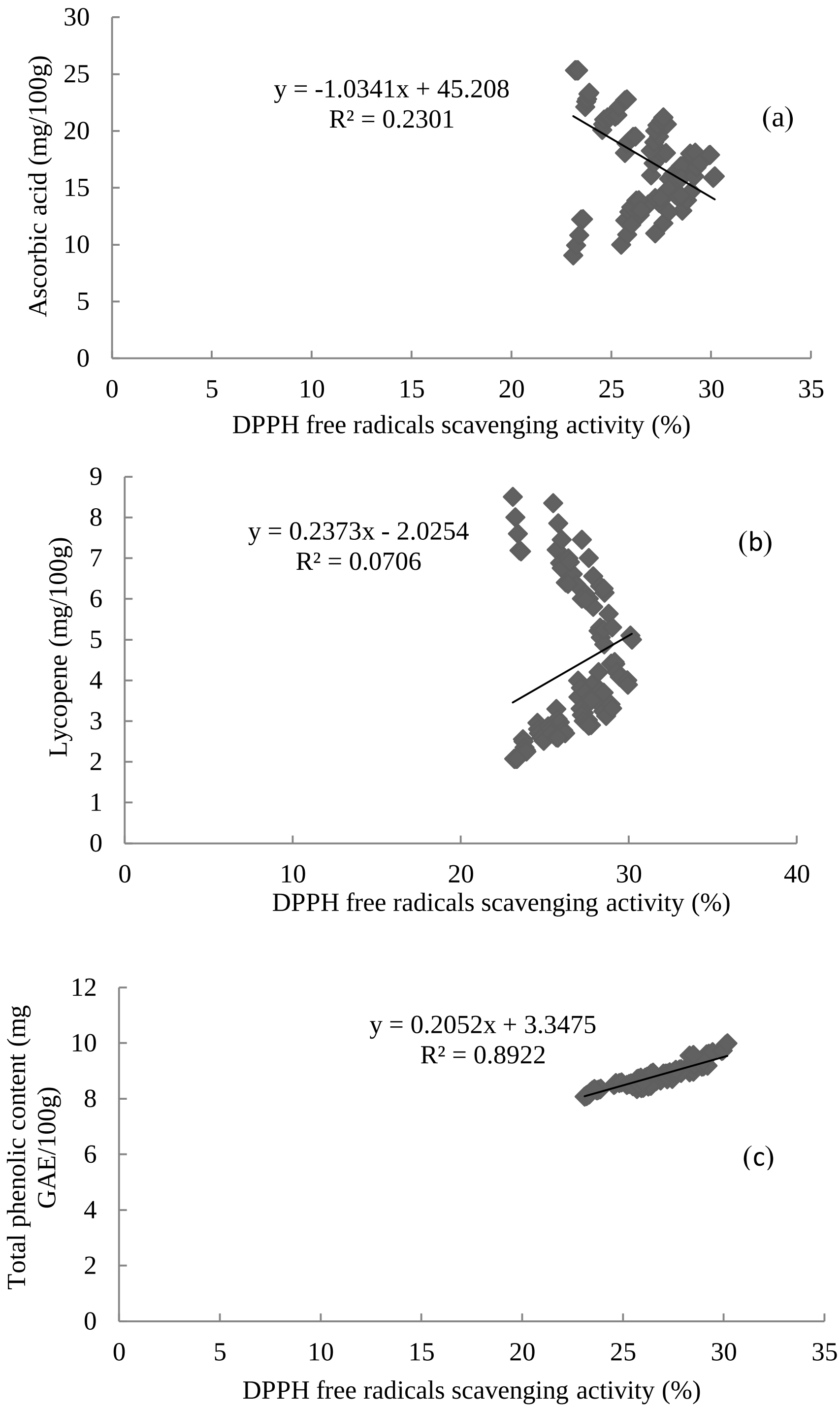
همان‌طور که در شکل ۵–a مشاهده می‌گردد فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی در حین دوره نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس به‌طور پیوسته افزایش یافت. به‌علاوه اعمال ژل آلوئه‌ورا اثر مثبتی بر افزایش فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی گیلاسی داشت به طوری‌که با افزایش غلظت ژل آلوئه‌ورا این تاثیر بیشتر نیز شد اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد ژل آلوئه‌ورا مشاهده نگردید ($p>0.05$). فعالیت ضدرادیکالی بالاتر گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی پوشش‌دار شده را می‌توان به مقادیر بالاتر محتوای ترکیبات فنولی و حفظ بیشتر آسکوربیک اسید آنها نسبت داد. از طرفی ژل آلوئه‌ورا حاوی ترکیبات زیادی با فعالیت ضدرادیکالی است که از آن جمله می‌توان به ترکیبی به نام آلوئه–امودین[1] اشاره کرد (Ni *et al*., 2004). در این راستا Serrano و همکاران (۲۰۰۶)، Hassanpour (۲۰۱۵) و Gorgani و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که می‌توان با اعمال پوشش ژل آلوئه‌ورا بر میوه انگور، تمشک و کیوی رقم هایوارد در انتهای دوره نگهداری به مقادیر بالاتری از فعالیت ضدرادیکالی دست یافت. Zahedi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که انبه‌های پوشش‌دار شده با کیتوزان نسبت به نمونه بدون پوشش در پایان دوره نگهداری از محتوای فنولی و فعالیت ضدرادیکالی بالاتری برخوردار هستند. در بسیاری از مطالعات پیشین افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایش نظیر سوپراکسید دیسموتاز[2]، پروکسیداز[3] و کاتالاز[4] در پی تیمار محصولاتی نظیر گوجه‌فرنگی (Liu *et al*., 2007) و گوآوا (Hong *et al*., 2012) با غلظت‌های مختلف از کیتوزان مشاهده شده است که می‌تواند مسئول بروز بخش اعظمی از فعالیت ضدرادیکالی حین دوره نگهداری باشند. با افزایش دمای نگهداری از ۵ به ۱۲ درجه سلسیوس میزان فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی تا روز ۱۲ افزایش و پس از آن تا پایان دوره نگهداری کاهش یافت (شکل ۵–b). با افزایش بیشتر دمای نگهداری روند مشابهی مشاهده گردید با این تفاوت که زمان آغاز کاهش فعالیت ضد رادیکالی روز ۸ دوره نگهداری بود (شکل ۵–C).

1 Aloe-emodin
2 Superoxide dismutase (SOD)
3 Peroxidase (POD)
4 Catalase (CAT)



شکل ۵- فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای (الف) ۵ درجه سلسیوس، (ب) ۱۲ درجه سلسیوس و (ج) ۲۵ درجه سلسیوس.

Fig. 5. Antiradical activity of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at temperatures of (a) 5ºC, (b) 12ºC and (c) 25ºC.



شکل ٦- روابط همبستگی بین فعالیت ضدرادیکالی عصاره گوجه‌فرنگی‌های بدون پوشش و پوشش‌دار شده با ژل آلوئه‌ورا نگهداری شده در دماهای مختلف و (الف) آسکوربیک اسید، (ب) لیکوپن و (ج) ترکیبات فنولی کل.

Fig. 6. Correlations between antiradical activity of uncoated and *Aloe vera* coated cherry tomatoes stored at different temperatures and (a) ascorbic acid, (b) lycopene and (c) total phenolic content.

همان‌طور که پیشتر نیز بیان شد گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی حین دوره نگهداری در معرض آسیب اکسیداتیو قرار می‌گیرند که این آسیب منجر به صدمه سلولی و تغییر در ترکیب و محتوای ترکیبات ضداکساینده و در نهایت بروز تغییراتی در فعالیت ضداکسایشی می‌شود.

در این راستا کاهش فعالیت ضد رادیکالی در پایان روزهای ۱۲ و ۸ دوره نگهداری به ترتیب برای گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی نگهداری شده در دمای ۱۲ و ۲۵ درجه سلسیوس موید نتیجه فوق است.

نتایج بررسی همبستگی فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی با میزان آسکوربیک اسید، لیکوپن و محتوای ترکیبات فنولی کل در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی گیلاسی همبستگی قوی با ترکیبات فنولی کل (R^2=۰/۸۹۲۲) دارد. به علاوه این‌که همبستگی فعالیت ضدرادیکالی با میزان آسکوربیک اسید (R^2=۰/۲۳۰۱) بیش از همبستگی با مقدار لیکوپن (R^2=۰/۰۷۰۶) بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده تغییرات فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بیشتر تحت تاثیر تغییرات ترکیبات فنولی قرار دارد. سایر محققان نیز همبستگی بین فعالیت ضداکسایشی و آسکوربیک اسید، ترکیبات فنولی و لیکوپن در گوجه‌فرنگی را نشان داده‌اند (Martınez-Valverde *et al*., 2002; Odriozola-Serrano *et al*., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مقادیر آسکوربیک اسید، ترکیبات فنولی کل و فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی حین دوره نگهداری کاهش می‌یابد در حالی‌که برای مقدار لیکوپن روند افزایشی مشاهده گردید. بررسی اثر افزایش دما حاکی از تسریع کاهش آسکوربیک اسید، ترکیبات فنولی کل و فعالیت ضدرادیکالی و افزایش سرعت تجمع لیکوپن در گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی بود. اعمال پوشش خوراکی بر پایه ژل آلوئه‌ورا خصوصا با غلظت ۷۵ درصد توانست روند کاهشی محتوای آسکوربیک اسید، ترکیبات فنولی کل و فعالیت ضدرادیکالی گوجه‌فرنگی‌های گیلاسی حین دوره نگهداری را کنترل نماید. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از تکنیک پوشش‌دهی و کنترل دمای نگهداری تاثیر به‌سزایی بر حفظ ترکیبات زیست‌فعال گوجه‌فرنگی گیلاسی در مرحله پس از برداشت دارد.

منابع

1. Ali, S., Sattar Khan, A., Nawaz, A., Anjum, M. A., Ejaz, S., & Hussain, S. (2019). *Aloe vera* gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *157*, 110960. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110960
2. Arab, L., & Steck, S. (2000). Lycopene and cardiovascular disease. The *American Journal of Clinical Nutrition.*, *71*, 1691-1695. https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1691S
3. Arias, R., Lee, T. C., Logendra, L., & Janes, H. (2000). Correlation of lycopene measured by HPLC with the *L**, *a**, *b** color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*, 1697–1702. https://doi.org/10.1021/jf990974e
4. Artés, F., Sánchez, E., & Tijskens, L. M. M. (1998). Quality and shelf life of tomatoes improved by intermittent warming. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, *31*, 427–431. https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0321
5. Barber, N. J., & Barber, J. (2002). Lycopene and prostate cancer. *Prostate Cancer Prostatic Disease*, *5*, 6-12. https://doi.org/10.1038/sj.pcan.4500560
6. Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes *Journal of Food Engineering*, *61*, 471-475. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00141-9
7. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5
8. Britton G., & Hornero-Mendez D. (2004). Carotenoids and colour in fruit and vegetables, in Carotenoids Handbook ed. by Britton G, Liaaen-Jensen S and Pfander H. Birkhauser, Basle, 11–27.
9. Davidek, J., Velisek, J., & Pokorny, J. (1990). Chemical changes during food processing, 4.10: Ascorbic and dehydroascorbic acid (vitamin C). Czechoslovak Medical Press, Avicenum, Prague.
10. D'Aquino, S., Mistriotis, A., Briassoulis, D., Di Lorenzo, M. L., Malinconico, M., & Palma, A. (2016). Influence of modified atmosphere packaging on postharvest quality of cherry tomatoes held at 20 ºC. *Postharvest Bioliology and Technology*, *115*, 103–112. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.014
11. Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G., & Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*, 369-382. https://doi.org/10.1002/jsfa.1370
12. Egea, M. I., Flores, B., Sánchez-Bel, P., Valdenegro, M., Mártinezmadrid, M. C., & Romojaro, F. (2009). Factors influencing the evolution of the antioxidant compounds and the total antioxidant activity in fruits and vegetable products. Postharvest Technologies for Horticultural Crops, Research Signpost Publisher, Kerala, Vol. 2, 121-138.
13. Esmaili, S. (2011). Effect of modified atmosphere packaging on quality of pink tomato after harvesting. *The 2nd National of Food Security. Islamic Azad University of Savadkouh.[in Persian]*.

14. Fagundes, C., Palou, L., Monteiro ,A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2014). Effect of antifungal hydroxipropyl methylcellullose-beewax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *92*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.006
15. Fagundes, C., Palou, L ,.Monteiro, A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae, 193*, 249-257. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.027
16. FAOSTAT, Food and Agriculture Organization (FAO), Statistics, (2017), Ed. http://www.fao.org/faostat/en. 2017.
17. Fraser, P., Romer, S., Shipton, C., Mills, P., Kiano, J., Misawa, N., Bramley, P. (2002). Evaluation of transgenic tomato plants expressing an additional phytoene synthase in a fruit-specific manner. *Proc. Nat. Am. Sci.*, *99*(2), 1092-1097. https://doi.org/10.1073/pnas.241374598
18. Ganjloo, A., Zandi, M., Bimakr, M., & Monajem, S. (2020). Ripening Stages Control of Cherry Tomato Coated with Aloe Vera Gel using Artificial Vision System. *Journal of Food Science and Technology*, *17*(105), 135-149.doi: 10.52547/fsct.17.105.135
19. Ghasemnezhad, M., & Shiri, M. A. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Sciences, 8*(1), 25-33.
20. Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C., & Nobili, S. (1999). Variation in antioxidant compounds of tomato during vine and post-harvest ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *79*, 1583–1588. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199909)79:12<1583::AID-JSFA405>3.0.CO;2-J
21. Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology, 85*, 185-195. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.008
22. Gorgani, S., Sedaghat, N., & Hosseini, F. (2018). Effects of edible coating *(Aloe vera* gel) and type of packaging on the quality of Hayward kiwi fruit. *JFST*, *15*(82), 437-450.
23. Gross, J. (1987). Pigments in fruits. Academic Press: London.
24. Guerra, I. C. D., de Oliveira, P. D. L., de Souza Pontes, A. L., Lúcio, A. S. S. C., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., de Souza, E. L. (2015). Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha* × *villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. *International Journal of Food Microbiology*, *214*, 168–178. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.08.009
25. Guillen, F., Diaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., Serrano, M ,.Castillo, S., & Martinez-Romero, D. (2013). *Aloe Arborescens* and *Aloe Vera* gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *83*, 54–57. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.011
26. Hassanpour, H. (2015). Effect of *Aloe vera* gel coating on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activities and decay in raspberry fruit. *LWT-Food Science and Technology, 60*(1), 495-501. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.049
27. Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, *144*, 172–178. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002
28. Jafari, S., Hojjati, M., & Noshad, M. (2018). Effect of trehalose coating included *Artemisia sieberi* essential oil on some quantitative and qualitative postharvest characteristics of cherry tomato. *Innovative Food Technologies*, *5*(2), 287-300. DOI: 10.22104/jift.2017.2558.1600
29. Javanmardi, J., & Kubota, C. (2006). Variation of lycopen, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, *41*, 151–155. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.008
30. Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium’s health. *International Journal of Food Science & Technology*, *36*, 703-725. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x
31. Khaliq, G., Ramzan, M., & Baloch, A. H. (2019). Effect of *Aloe vera* gel coating enriched with *Fagonia indica* plant extract on physicochemical and antioxidant activity of sapodilla fruit during postharvest storage. *Food Chemistry*, *286*, 346-353. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x
32. Kim, D. O., Jeong, S. W., & Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, *18*, 321–326. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5
33. Laja, M., Mareczek, A., & Ben, J. (2003). Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage. *Food Chemistry, 80*, 303-307. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00263-7
34. Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., & Fogliano, V. (2000). Antioxidant activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 48*, 4723–4727. https://doi.org/10.1021/jf000225t
35. Leoni, C. (1992). Industrial quality as influenced by crop management. *Acta Horticulture*, *301*, 177–184.DOI: 10.17660/ActaHortic.1992.301.20

36. Liu, J., Tian, S., Meng, X., & Xu, Y. (2007). Effect of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology, 44*, 300–306. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.019
37. Martınez-Valverde, I., Periago, M. J., Provan, G., & Chesson, A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Journal of the Sience of Food and Agriculture, 82*, 323-330. https://doi.org/10.1002/jsfa.1035
38. Mallhi, T. H., Rasheed, M., Khan, Y. H., Alzarea, A. I., & Raja, A.A. (2020). Bioactive compounds for the treatment of metabolic disorders. In: Akash M., Rehman K., Hashmi M. (eds) Endocrine Disrupting Chemicals-induced Metabolic Disorders and Treatment Strategies, Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies. Springer, Cham., pp 489-505. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45923-9_28
39. Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci., 7*, 405–410.https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02312-9
40. Nguyen, M. L. (1999). Lycopene: chemical and biological properties. *Food Tech.*, *53*, 38-45.
41. Ni, Y., Turner, D., Yates, K. M., & Tizard, I. (2004). Isolation and characterization of structural components of *Aloe vera* L. leaf pulp. *International Immunopharmacology, 4* (14), 1745–1755. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2004.07.006
42. Nour, V., Trandafir, I., & Ionica, M. E. (2014). Evolution of antioxidant activity and bioactive compounds in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during growth and ripening. *Journal of Applied Botany and Food Quality, 87*, 97 – 103.
43. Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martın-Belloso, O. (2008). Antioxidant properties and shelf-life extension of fresh-cut tomatoes stored at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 88*, 2606-2614.
44. Pirhayati A., Daraei Garmakhany A., Gholami M., Mirzakhani A., & Khalilzadeh Ranjbar, G. (2019). Application of *Aloe vera* gel coating enriched with golpar essential oil on the shelf life of peach fruit (*Prunus persica var, Zafarani*). *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *13*(4), 75-88.
45. Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., Elez-Martínez, P., de Ancos, B., Martín-Belloso, O., & Cano, M. P. (2006). Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *European Food Research and Technology*, *223*(4), 487-493. https://doi.org/10.1007/s00217-005-0228-2
46. Pregnolatto, W., & Pregnolatto, N. P. (1985). Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo: Instituto Adolfo.
47. Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., & Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of Food Quality, 10*, 9764650. https://doi.org/10.1155/2017/9764650
48. Raffo, A., Leonardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Quaglia, G. (2002). Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 6550-6556. https://doi.org/10.1021/jf020315t
49. Reyes, L. F., Villarreal, J. E., & Cisneros-Zavallos, L. (2007). The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry, 101*, 1254–1262. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.032
50. Rosello, S., Adalid, A. M., Cebolla-Cornejo, J., & Nuez, F. (2011). Evaluation of the genotype, environment and their interaction on carotenoid and ascorbic acid accumulation in tomato germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 91*, 1014-1021. https://doi.org/10.1002/jsfa.4276
51. Sadler, G., Davis, J., & Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and β-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruits homogenates. *Journal of Food Science, 55*, 1460-1461. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb03958.x
52. Sahlin, E., Savage, G. P., & Lister, C. E. (2004). Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, *17* 635–647. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.003
53. Serrano, M., Valverde, J. M., Guilleän, F., Castillo, S., Martiänez-Romero, D., & Valero, D. (2006). Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*, 3882-3886. https://doi.org/10.1021/jf060168p
54. Shahiri Tabaest, H., Sedaghat, N., Saeedi Pooya, E., & Alipour, A. (2013). Shelf life improvement and postharvest quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit using basil mucilage edible coating and cumin essential oil. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, *4*(9), 2346-2353.
55. Shi, J., Le Maguer, M., & Bryan, M. (2002). *Lycopene from tomatoes. In: Shi, J., Ghazza, Le Maguer, M. (Eds.), Funtional Foods. Biochemical and Processing Aspects, Vol. 2. CRC Press, Ottawa, Canada, pp. 135-166.*
56. Singh, R., Rastogi, S., & Dwivedi, U. (2010). Phenylpropanoid metabolism in ripening fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9*, 398–416. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00116.x

57. Stahl, W., & Sies, H. (1996). Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *336*, 1–9.
58. Thompson, K. A., Marshall, M. R., Sims, C. A., EWei, C. I., Sargent, S. A., & Sott, J. W. (2000). Cultivar, maturity and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science, 65*, 791-795. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb13588.x
59. Vahdat, S., Ghasemnezhad, M., Fotouhi Ghazvini, R., Shiri, M. A., & Khodaparast, S. A. K. (2012). Effect of different concentration of *Aloe vera* gel on maintaining postharvest quality of strawberry. *Journal of Food Research, 22*(3), 271-285.
60. Valverde, J. M., Valero, D., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castill, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coatings based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*, 7807-7813. https://doi.org/10.1021/jf050962v
61. Wei, Y., Zhou, D., Wang, Z., Tu, S., Shao, X., & Peng, J. (2018). Hot air treatment reduces postharvest decay and delays softening of cherry tomato by regulating gene expression and activities of cell wall-degrading enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98(6)*, 2105–2112. https://doi.org/10.1002/jsfa.8692
62. Wu, S., Lu, M., & Wang, S. (2016). Effect of oligosaccharides derived from *Laminaria japonica*-incorporated pullulan coatings on preservation of cherry tomatoes. *Food Chemistry*. *199*, 296–300. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.029
63. Zafari, E., Mohammadkhani, A., Roohi, V., Fadaei, A., & Zafari, H. (2015). Effect of exogenous putrescine and *Aloe vera* gel coating on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar Kamarosa *International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 8*, 578–584.
64. Zahedi, S. M., Sadat Hosseini, M., Karimi, M., & Ebrahimzadeh, A. (2019). Effects of postharvest polyamine application and edible coating on maintaining quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Langra during cold storage. *Food Science & Nutrition, 7*, 433-441. https://doi.org/10.1002/fsn3.802
65. Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2008). Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(7)*, 1287-1293. https://doi.org/10.1002/jsfa.3220